Aus der Abteilung für Ernährungsphysiologie des Reichsgesundheitsamtes
Leiter: Direktor Prof. Dr. med. O. Flößner

Untersuchungen über Kartoffeleiweiß

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Medizinischen Doktorgrades

an der

Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin

vorgelegt von

LUDWIG BARTH

approb. Arzt

aus Gammertingen

Tag der Promotion: 5. Februar 1940

Buchdruckerei Franz Linke, Berlin NW 7, Marienstr. 13

M 436

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Kreuz

Referent: Prof. Dr. Flößner

Korreferent: Prof. Dr. Lohmann

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Inhalt

		Seite
1.	Einleitung	5
2.	Methodik	6
3.	Physiologisch-chemische Untersuchungen	8
4.	Tierversuche	12
5.	Vergleich mit den Ergebnissen des Schrifttums	14
6.	Zusammenfassung	16
7.	Tabellen	17
8.	Schrifttum	26

1. Einleitung.

Die Bestrebungen, alle Nährstoffe restlos zu verwerten, führten zur Aufnahme der Versuche, die in der Stärkeindustrie erhaltenen Neben-, beziehungsweise Restprodukte aus der Kartoffel in verwertbarer Form zu gewinnen. Es handelt sich neben der Pülpe, die etwa 2,6 % (8) der verwendeten Kartoffelmenge ausmacht, vor allem um das Fruchtwasser, das nach der Stärkeabscheidung anfällt. Es enthält den größten Teil des Eiweißes, das in der Kartoffel überhaupt vorhanden ist. Bisher wurde dieses Eiweiß im Fruchtwasser, das biologisch ziemlich hochwertig ist, nicht gewonnen, sondern ging unverwertet in die Abwässer und belastete durch seine Fäulnisneigung die hygienische Abwässerbeseitigung. Es ist deshalb schon früher versucht worden, dieses Eiweiß zu gewinnen, aber die Versuche führten zu keiner praktischen Auswertung. Jetzt aber scheinen verschiedene Methoden technisch anwendbar geworden zu sein (8—11).

Die in der Stärkeindustrie anfallenden, gewinnbaren Kartoffeleiweißmengen sind erheblich. Insgesamt enthalten die Kartoffeln 1,4—2,2 % Rohprotein. Darin ist allerdings auch die Nicht-Eiweiß-Stickstoff-Fraktion eingerechnet, die hauptsächlich aus Amiden und zum Teil auch aus Aminosäuren besteht und deren Anteil in der Kartoffel verhältnismäßig hoch ist. In der Stärkeindustrie werden nach Kröner und Falta (8) jährlich etwa 20 Millionen Zentner Kartoffeln verarbeitet. Wenn ein Durchschnittsgehalt an Rohprotein von 2 % angenommen wird, so fallen davon 20 000 t an. Praktische Versuche (8—11) zeigten, daß zum Beispiel durch Hitzekoagulation 35 %, also 7000 t jährlich gewinnbar sind. Das koagulierte Eiweiß wird nach einer Vorentwässerung direkt getrocknet oder auf Pülpe zu Kartoffeleiweiß-Pülpeflocken aufgetrocknet. Einige auf diese Weise gewonnene Eiweißpräparate sind schon mehrfach auf ihre Verwertbarkeit als Tierfutter mit ganz gutem Erfolg untersucht worden.

Für die vorliegenden Untersuchungen standen drei Kartoffeleiweißpräparate zur Verfügung. Sie werden hier mit 1, 2, 3 bezeichnet. Durch quantitative und qualitative Analyse der Präparate war die stoffliche Zusammensetzung zu untersuchen und die vor-

liegenden stickstoffhaltigen Verbindungen näher zu charakterisieren. Ferner sollten die Löslichkeit und Verdaulichkeit der Gesamtsubstanz und besonders des Eiweiß-Anteiles bestimmt werden. Die Verträglichkeit und Wertigkeit war im Fütterungsversuch an Ratten zu beobachten.

2. Methodik.

Die Untersuchungen wurden mit der anschließend beschriebenen Methodik durchgeführt. Zur Bestimmung der Trockensubstanz wurden je 3,0 g eingewogen und bis zur Gewichtskonstanz bei 105° getrocknet. Der Gesamtstickstoffgehalt wurde in 0,5 g Substanz nach Kjeldahl bestimmt und daraus der Eiweißgehalt errechnet (Faktor: 6,25). Rohfett wurde aus 5,0 g Substanz mit Äther im Soxhletapparat extrahiert, zur Bestimmung der Säurezahl in heißem Alkohol gelöst und mit alkoholischer Kalilauge titriert. Bei der Rohfaserbestimmung wurde die Weender-Methode angewandt. Die Stärke wurde durch diastatische Verzuckerung und Säurehydrolyse in Dextrose übergeführt und diese mit Fehlingscher Lösung nach Bertrand bestimmt (39, 40). Außerdem wurde der Kaloriengehalt ermittelt. Zur Aschebestimmung wurden 5,0 g verascht. Die Analyse wurde an einer Asche durchgeführt, die aus 20 g Substanz gewonnen war. Das Calcium wurde als Calciumoxalat gefällt, geglüht und als Calciumoxyd gewogen. Im Filtrat der Calciumoxalatfällung wurde Magnesium als Magnesium-Ammoniumphosphat gefällt, geglüht, als Pyrophosphat gewogen und als Magnesiumoxyd errechnet. Die Phosphorsäure wurde aus einer Asche, die nach Neumann hergestellt war, als phosphormolybdänsaures Ammoniak gefällt und alkalimetrisch bestimmt. Ferner wurden die Chloride von Natrium und Kalium abgetrennt.

Die Löslichkeitsbestimmungen wurden in den bei den Tabellen angeführten Lösungsmitteln ausgeführt. Die Bedingungen wurden in jedem Versuch für die drei Präparate genau gleich gehalten und die Löslichkeit durch quantitative Bestimmung des Rückstandes und dessen Stickstoffgehaltes und durch die Stickstoffbestimmung im Filtrat ermittelt. Die Rückstände wurden solange ausgewaschen, bis die Ninhydrinreaktion im Waschwasser negativ war. Dabei mußten kleine Substanzmengen verwendet werden, weil die Präparate sehr voluminös waren, in der Flüssigkeit aufquollen und sich schwer auswaschen ließen.

In den verschiedenen Lösungsmitteln, beziehungsweise in den Substanzen selbst, wurden mit der gebräuchlichen Methodik eine

Reihe von qualitativen Reaktionen ausgeführt, die in Tabelle 14 wiedergegeben sind.

Die Verdaulichkeitsbestimmungen wurden in vitro nach der von H. Steudel (32) angegebenen Methode durchgeführt. Je 5 g der Präparate wurden in 500 ccm Verdauungsflüssigkeit bei 37° im Brutschrank der Einwirkung der betreffenden Fermente unterworfen. Durch quantitative Bestimmung des Rückstandes und des darin enthaltenen Stickstoffes wurde die Verdaulichkeit bestimmt. Das Präparat 1 wurde auf seine Verdaulichkeit im Tierversuch am Hund untersucht. Ein 14,4 kg schweres, männliches Tier wurde während einer Woche auf eine Grundkost eingestellt, die aus gehacktem Fleisch, Brühe und Mehlsuppe bestand und täglich in gleicher Menge gegeben wurde. In der zweiten Woche wurde während zweier Tage je 50 g des Präparates zugegeben, mit dem Grundfutter zu einem Brei vermengt. Durch die Bestimmungen der Stickstoffeinnahme und der Stickstoffausscheidung im Kot wurde die Verdaulichkeit des Eiweißes bestimmt.

Zu den Fütterungsversuchen an Ratten wurden ungefähr gleichaltrige weiße Ratten in Gruppen zu 6 bis 10 Tieren fünf Wochen lang mit 1 g je Tier täglich gefüttert. Die Präparate wurden zusätzlich zu einer Grundkost gegeben, die aus Brot, Möhren, Hundekuchen und etwas Milch bestand. Die Tiere, die mit den Eiweißpräparaten gefüttert wurden, bekamen 5 g Brot weniger und die Hälfte der Milch, die die Kontrolltiere erhielten. Es wurde darauf geachtet, daß die gereichten Präparate, die mit einem Teil des anderen Futters und mit Wasser oder Milch zu einem Brei vermengt waren, täglich vollständig aufgenommen wurden. Zur Kontrolle wurden drei Gruppen zu je 10 Tieren beobachtet, die nur das Grundfutter erhielten und außerdem eine Gruppe, die je Tier 1 g eines selbst hergestellten Kartoffelsafteiweiß-Präparates bekam. Dieses Eiweiß war aus frischem Kartoffelpreßsaft durch Hitzekoagulation, zentrifugieren und Trocknen bei 60° gewonnen. Es enthielt 64,5 % Eiweiß, das in vitro durch Pepsin-Salzsäure und Trypsin zu 82—86 % verdaulich war. Zu Anfang und zu Ende des Versuches wurde zur Beurteilung des Einflusses auf das Wachstum (41) die Länge und das Gewicht der Tiere festgestellt. Nach Abschluß der Fütterungsperiode wurden die Tiere getötet. Magen, Darm und die übrigen inneren Organe wurden auf pathologische Veränderungen untersucht und in Leber, Niere und Muskulatur der Wasser- und Stickstoffgehalt bestimmt.

3. Physiologisch-chemische Untersuchungen.

Im Folgenden sollen die Präparate und die Ergebnisse, die mit den oben angegebenen Untersuchungen gewonnen wurden, beschrieben werden. Das Präparat 1 war ein äußerst feinflockiges, leichtes, voluminöses, gelbes Pulver, 2 etwas dunkler gefärbt, graubraun und spezifisch schwerer als 1. Nr. 3 dagegen bestand aus dunkelbraunen Granula. Alle drei Präparate hatten einen schwachen aber charakteristischen Geruch nach Röstprodukten, die wahrscheinlich von der Trocknung herrührten. Die wässerige Aufschwemmung reagierte bei allen drei Präparaten schwach lakmussauer, Kongopapier wurde nicht gebläut. Das p_H von 2 war etwa 5,1, während die Werte bei 1 und 3 um 6,0 lagen.

Bei der Trocknung im Trockenschrank bei 105° verloren die Präparate 10,2 bis 10,6 % ihres Gewichtes, nahmen aber an der Außenluft sehr rasch wieder Feuchtigkeit auf. Der Stickstoffgehalt war bei 1 und 2 hoch, bei 3 gering (1 : 8,21, 2 : 9,07, 3 : 3,25). 3 hatte dagegen den höchsten Gehalt an Rohfaser (9,7 %) und stickstoffreien Extraktstoffen (56,17). Die letztgenannten Stoffe bestanden zu einem großen Prozentsatz aus Stärke. Der Rest dieser Fraktion ist nach den Angaben der Literatur (3, 34) nicht einheitlich zusammengesetzt. Es finden sich darin die gleichen Stoffgruppen wie in der Rohfaser, unter andern Pentosane, Lignin, Zellulose. Die Pentosenreaktionen mit Orzin, Phloroglucin und Anilinacetat waren in allen von uns untersuchten Präparaten positiv. Da die Gärproben negativ ausfielen, müssen die positiven Reduktionsproben und die nachgewiesenen Mengen reduzierender Substanzen zum Teil auf Pentosen bezogen werden. Die Molischsche Probe und die Stärkereaktion mit Jod war positiv. Die Untersuchungen auf Milchsäure (Uffelmann, Hopkins-Fletscher) und auf Essigsäure (Nachweis als Ferriacetat und Überführen in Essigsäureäthylester) fielen negativ aus.

Die Fermentreaktionen auf Oxydase (Guajaktinktur und Benzidin), Katalase und Tyrosinase waren ebenfalls negativ. Auszüge mit Trichloressigsäure hatten mit Tillmanns-Reagens keinen Reduktionswert, enthielten also keine Ascorbinsäure.

Die Präparate, besonders Nr. 2 zeigten eine positive Eisenreaktion mit Rhodankalium und eine Berliner-Blau-Reaktion mit Ferrocyankalium. Bei 2 war auch eine deutliche Chlorreaktion nachweisbar, während die Proben auf Nitrat- und Sulfat-Ionen negativ waren.

Löslichkeitsversuche ergaben, bezogen sowohl auf die Gesamtsubstanz als auch auf die stickstoffhaltigen Stoffe, eine geringe Löslichkeit in destilliertem Wasser. Lösungsversuche in steigenden Wassermengen von 20, 50 und 100 ccm zeigten Werte von 2—3 % bei 1 und 3, 5,5—6 % bei 2 (Tabelle 2). Die löslichen Mengen stickstoffhaltiger Substanzen betrugen bei 1 etwa 4 %, bei 2 6 % und bei 3 7 % der eingewogenen Stickstoffmenge (Tabelle 6). Außerdem wurde die Löslichkeit in sauren und alkalischen Lösungen geprüft. In Salzsäure von 0,05 % und 0,5 % (p_H 1,5) und in 0,2%iger Lösung von Natriumkarbonat lösten sich größere Mengen. Der lösliche Anteil stickstoffhaltiger Substanz war dabei im günstigsten Falle bei 2 nach 24 Stunden bei 37° etwa 48—58 % der eingewogenen Stickstoffmenge; von 1 gingen 25—28 % in Lösung. Das Präparat 3 stand mit 40—45 % in der Mitte (Tabellen 3, 5, 8). Ein weiterer Lösungsversuch wurde mit 10%iger Kochsalzlösung parallel zu dem Versuch mit destilliertem Wasser angesetzt (Tabelle 6). Dabei ging die zwei- bis dreifache Menge des in Wasser gelösten Einweißes in Lösung. Die geringste Differenz bestand bei 2, das schon in Wasser eine höhere Löslichkeit zeigte, die auf den Aziditätsgrad, beziehungsweise Salzsäuregehalt des Präparates zurückgeführt werden kann. In Harnstofflösungen von 10 und 20 % waren die Verhältnisse ähnlich (Tabelle 7). Auch hier zeigte 2 die günstigste Löslichkeit.

Bei der Ausführung der qualitativen Proben waren, entsprechend der geringen Löslichkeit der stickstoffhaltigen Substanzen im Wasser, die angestellten Eiweißreaktionen, Fällungs- und Farbreaktionen in wässeriger Lösung nur schwach positiv, bei 2 dagegen deutlicher. Es gelang aber, in 10%igen Salzlösungen von Kochsalz und Natriumbikarbonat und in den oben erwähnten sauren und alkalischen Lösungen, die in Tabelle 14 aufgeführten Ergebnisse zu erhalten. Bei den Fällungsreaktionen ist die beobachtete Trübung mit Merkurichlorid bemerkenswert. Nach den Untersuchungen von Th. B. Osborne ist das Tuberin, das Globulin der Kartoffel, mit Quecksilberchlorid nicht fällbar. Die Biuretreaktion zeigte eine violette bis rötlichviolette Farbe. Die Adamkiewicz-Hopkinssche Reaktion war bei 1 und 3 nur schwach positiv, bei 2 dagegen deutlich positiv. Die Millonsche Probe war in den Aufschwemmungen der Substanzen positiv, in den Lösungen nur sehr schwach. Beim Erhitzen mit Salpetersäure trat Gelbfärbung auf, die auf Zusatz von Ammoniak oder Natronlauge in orangerote Farbe überging. Die Paulysche Diazoreaktion war mit

kirschroter Farbe positiv, die auch beim Verdünnen rötlich blieb und beim Ansäuren in eine gelbe Färbung überging. Nach Erwärmen mit Salpetersäure war die Millonsche Probe negativ, die Diazoreaktion aber noch positiv (Histidinnachweis nach Brunswik) (2). Eine eindeutige Cystinreaktion konnte erst nach längerer Hydrolyse mit Natronlauge erhalten werden. Die Arnoldsche Probe war negativ.

Solanin konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Bestimmung der Koagulationstemperatur ergab folgendes: Bei 58—60° trat eine erste geringe Trübung auf, die durch Filtration entfernt wurde; bei 68—70° wurde eine starke Flockung und bei 78° nochmals eine deutliche Trübung erhalten. Im Filtrat konnte nach dem Kochen in allen drei Präparaten eine positive Ninhydrin-Reaktion und schwache Biuret-Reaktion, die bei 2 etwas deutlicher war, nachgewiesen werden. Die beobachtete fraktionierte Ausscheidung durch Hitzekoagulation konnte bereits von Zöller (38) und von Osborne (16—21) an Kartoffelglobulin beobachtet werden. Auch einige weitere Reaktionen zeigten Eigenschaften der Globuline. So trat bei Halbsättigung mit Ammonsulfat eine Aussalzung ein; der Niederschlag löste sich wieder beim Verdünnen mit destilliertem Wasser. Diese Reaktion ließ sich wiederholen. Aus 10%iger Kochsalzlösung trat bei Sättigung eine Fällung auf, die sich beim Verdünnen wieder löste, bei höherer Verdünnung erneut auftrat.

Es wurde versucht, dieses globulinartige Eiweiß durch Dialyse aus 2 zu gewinnen, da bei diesem Präparat die lösliche Stickstoffmenge am größten war. 200 g wurden in 3 Liter 10%iger Kochsalzlösung aufgeschwemmt und nach 4 Stunden der gelöste vom ungelösten Teil abgepreßt. Die klare, gelbgefärbte Lösung wurde 48 Stunden gegen destilliertes Wasser dialysiert. Es fiel ein grauweißer Niederschlag aus, der abgenutscht, mit aqua destillata gewaschen und nach Entwässerung mit Alkohol-Äther im Exsiccator getrocknet wurde. Auf diese Weise wurden 8 g Substanz erhalten, die aber nur 6 % Stickstoff enthielt und auch in 10%iger Kochsalzlösung schwer löslich war. Folgende Reaktionen waren positiv: Molisch, Ninhydrin, Biuret, Xanthoprotein, Millon, Paulys Diazo. Bei der Wiederholung des Versuchs wurde die Fällung im Dialysierschlauch wieder gelöst in 10%iger Kochsalzlösung und dreimal erneut dialysiert. Die Niederschläge lösten sich nicht mehr vollständig. Die endgültig erhaltene Substanz wog nur 1,5 g; sie hatte einen Stickstoffgehalt von 10,5 %. Die oben beschriebenen Reaktionen

waren auch hier positiv. Im eingeengten Dialysat war eine positive Ninhydrinreaktion, Biuretreaktion mit rötlich-violetter Farbe und eine positive Paulysche Diazoreaktion nachweisbar. Die übrigen Farbreaktionen waren negativ.

Es kann also angenommen werden, daß in den Eiweißpräparaten ein geringer Teil noch als natives Eiweiß vorliegt, das sich in 10%iger Kochsalzlösung löst, Reaktionen des Globulins zeigt und in vielen Eigenschaften mit dem von Th. B. Osborne als Kartoffelglobulin beschriebenen Tuberin übereinstimmt. Der größte Teil ist jedoch denaturiert und schwer löslich. Außerdem ist eine Fraktion der stickstoffhaltigen Substanzen dialysierbar. Es handelt sich dabei wahrscheinlich um einen Teil des sogenannten Nicht-Eiweiß-Stickstoffes, der in Form von Amiden bei der Kartoffel zu einem erheblichen Anteile des Gesamtstickstoffgehaltes vorkommt. Ferner kann angenommen werden, daß ein Teil des Eiweißes bei der technischen Darstellung einer partiellen Hydrolyse unterlag. Die höhere Löslichkeit in salzsaurer, beziehungsweise alkalischer Lösung nach längerem Stehen im Brutschrank muß auf teilweise eintretende Hydrolyse oder Salzbildung zurückgeführt werden.

Durch die qualitativen Farbreaktionen konnte eine Reihe von Aminosäuren nachgewiesen werden, die in quantitativen Analysen als Bausteine des Kartoffeleiweißes festgestellt sind. Es konnten in den untersuchten Präparaten Ammoniak (Neßler), Phenylalanin und Tyrosin (Millon), Tryptophan (Adamkiewicz-Hopkins), Zystin, Histidin (Brunswik) nachgewiesen werden. Sjollema und Rinkes (30) und Fürth und Lieben (4) hatten folgende Zusammensetzung des Kartoffelglobulins festgestellt:

Ammoniak ..	1,8 %	Glutaminsäure	4,6 %	Valin	1,1 %
Histidin	2,3 %	Phenylalanin .	3,9 %	Valin + Alanin	8,2 %
Arginin	4,2 %	Prolin	3,0 %	Valin + Leucin.	1,9 %
Lysin	3,3 %	Alanin	4,9 %	Tyrosin	4,3 %
Zystin	4,4 %	Leucin	12,2 %	Tryptophan ..	3,3 %

Nach dem Ausfall der oben beschriebenen Reaktionen kann angenommen werden, daß es gelang, das biologisch hochwertige Eiweiß technisch so zu gewinnen, daß der Gesamtkomplex des Eiweißes erhalten wurde, der in den Präparaten zum größten Teil in denaturierter Form vorliegt.

Die Ergebnisse der angestellten Verdauungsversuche sind in Tabelle 11 wiedergegeben. Die Versuche zeigten, daß die Verdau-

lichkeit des Rohproteins von 2 mit 70—80 % an erster Stelle steht. Die stickstoffhaltigen Substanzen von 1 und 3 wurden nur zu 40 bis 50 % verdaut. Die Verdaulichkeit der Gesamtsubstanz ist besonders bei 1 und 3 sehr niedrig. Die Gesamtverdaulichkeit erhöhte sich bei Vorverdauung mit Diastase erst dann wesentlich, wenn die Substanzen vorher gekocht wurden. Wird die Verdaulichkeit des eiweißfreien Anteiles in Beziehung gesetzt zu der eingewogenen eiweißfreien Trockensubstanz, so ergibt sich das in Tabelle 12 dargestellte Bild der Verdaulichkeit. Es tritt deutlich in Erscheinung, besonders klar bei 3, daß erst nach dem Kochen eine erhebliche Diastasewirkung einsetzte. Die Verdaulichkeit entspricht dabei ungefähr dem Prozentgehalt der eiweißfreien Substanz an Stärke. Die übrigen Kohlehydrate, die Rohfaser und ein Teil der stickstoffreien Extraktstoffe sind also nicht verdaut. Dies erscheint bei der Gleichartigkeit mancher Stoffgruppen aus der Rohfaserbestimmung und den stickstoffreien Extraktstoffen verständlich. Nach den heutigen Anschauungen wird hauptsächlich die Stärke durch die Enzyme des Magen-Darm-Kanals angegriffen, während alle übrigen hochmolekularen Kohlehydrate, Pentosane, Zellulosen, Hemizellulosen, sowie die Ligninsubstanzen in erster Linie durch Bakterienenzyme abgebaut werden können.

Interessant ist ferner, daß die Verdauung der ungekochten Präparate hinter dem durch Analyse bestimmten Stärkegehalt zurückblieb. Es zeigten sich dabei ähnliche Verhältnisse, wie sie H. Steudel (32 a) in Verdauungsversuchen, die in vitro an Brot durchgeführt worden waren, beobachtet hatte. Die Verdaulichkeit der stickstoffhaltigen Substanzen veränderte sich kaum, aber die Stärke wurde erst nach dem Kochen völlig abgebaut. Auf die Tatsache, daß nur durch Kochen aufgeschlossene Stärke in vitro angegriffen wird, wurde auch besonders in bezug auf die Kartoffelstärke von G. Weichsel hingewiesen (36). In vivo wurde dagegen die Möglichkeit einer völligen enzymatischen Verdauung roher Stärkearten gezeigt (7). Daß neben der fermentativen Spaltung von Stärke im Darm auch ein bakterieller Abbau stattfindet, konnten H. Steudel und O. Flößner (33) nachweisen.

4. Tierversuche.

Die Verdaulichkeit des Rohproteins des Präparates 1 war in vitro gering. Es wurde deshalb mit diesem Produkt ein Verdauungsversuch am Hund nach der oben beschriebenen Methode durch-

geführt. Das Ergebnis des Versuches ist in Tabelle 10 dargestellt. Aus dem Versuch kann folgendes ersehen werden: Während der beiden Zulagetage erhielt das Tier um 10 % mehr Stickstoff als an den Vortagen und in der Nachperiode. Die Stickstoffausscheidung stieg aber wesentlich stärker an als die Stickstoffeinfuhr, so daß die Verdaulichkeit des Gesamtstickstoffes der Nahrung stark gedrückt wurde, beziehungsweise der Stoffwechselstickstoff angestiegen sein muß (20 %). Es kann daraus geschlossen werden, daß die Verdaulichkeit des zugelegten Produktes 1 in vivo der im künstlichen Verdauungsversuch entspricht, auf jeden Fall aber schlechter ist, als die Verdaulichkeit von Fleisch.

Um über die allgemeine Verträglichkeit, Wertigkeit und den Einfluß auf das Wachstum Aufschluß zu bekommen, wurde an Ratten ein Fütterungsversuch durchgeführt. Wenn auch durch qualitative Reaktionen eine Anzahl Aminosäuren, von deren Vorkommen die biologische Wertigkeit abhängt, nachgewiesen werden konnte, so läßt hierüber doch nur der biologische Versuch eine Beurteilung zu. Die Durchführung dieser Fütterungsversuche ist oben beschrieben. Während der Versuchszeit waren die Tiere im Aussehen und Verhalten unverändert. Die Gewichtszunahme und das Längenwachstum sind in Tabelle 13 dargestellt. Aus den geringen bestehenden Unterschieden sind keine bindenden Schlüsse auf die Wertigkeit zu ziehen, da sie durch geringfügige Altersunterschiede in der Gruppenzusammensetzung und dergleichen bedingt sein können. Das Präparat 2 hat eine etwas geringere Zunahme im Durchschnitt bewirkt. Betrachtet man den Prozentsatz, den die Endergebnisse von den Anfangsgewichten und -längen ausmachen, so sind nur unwesentliche Unterschiede festzustellen. Nach Abschluß der Fütterungsperiode wurden die Tiere getötet. An Magen, Darm und anderen Organen konnte kein pathologischer Befund erhoben werden. In Leber, Niere und Muskel (Gastrocnemius) wurde der Wasser- und Stickstoffgehalt bestimmt (Tabelle 9). Es zeigte sich eine Konstanz der Organzusammensetzung, die bis zur völligen Übereinstimmung der Analysen aus den einzelnen Gruppen geht.

Nach Beendigung dieser Untersuchungen wurde uns eine kleine Probe eines vierten Präparates zur Verfügung gestellt. Dieses Eiweiß war kleinflockig, dunkelbraun und makroskopisch sehr einheitlich zusammengesetzt. Die Untersuchungsergebnisse sind den Tabellen angefügt. Nach der Analyse hatte dieses Präparat den höchsten Stick-

stoffgehalt (N: 9,86 %, Eiweiß: 61,67 %). Die wässerige Aufschwemmung reagierte, wie bei den übrigen Präparaten, schwach lakmussauer (p_H 6,0) In Wasser gingen 14,1 %, in 10%iger Kochsalzlösung 42,4 % in Lösung. Die Verdaulichkeit in vitro betrug 80 bis 90 %. Die leichtere Löslichkeit bewirkte, daß schon in wässeriger Lösung, besonders aber in 10%iger Kochsalzlösung die Fällungs- und Farbreaktionen leichter und ausgeprägter erhalten wurden. Die Biuret-, Millonsche und Hopkinssche Proben waren deutlich positiv, die Zystinreaktion ebenfalls. Ein Teil des gelöst erhaltenen Eiweißes zeigte wie bei den anderen Präparaten die Eigenschaften des Kartoffelglobulins Tuberin. Es war mit Ammonsulfat bei Halbsättigung, mit Kochsalz bei Sättigung ausfällbar. Die Hitzekoagulation begann bei 58—60°, zeigte eine zweite Flockung bei 70° und eine dritte bei 80—82°. Das Filtrat der letzten Koagulation gab noch eine Ninhydrin-, Biuret- und Diazoreaktion.

5. Vergleich mit den Ergebnissen des Schrifttums.

Ähnliche Kartoffeleiweißpräparate, die ebenfalls aus dem Fruchtwasser der Stärkeindustrie gewonnen waren, sind auch an anderer Stelle untersucht worden. Zum Vergleich sind in Tabelle 15 einige Untersuchungsergebnisse nebeneinander gestellt. Das Präparat 3 ist danach in seiner Zusammensetzung den Eiweiß-Pülpe-Flocken fast gleich, während 1 und 2 den reinen Eiweißflocken ähnlich, in ihrem Eiweißgehalt aber etwas niedriger sind und auch in ihrer sonstigen Zusammensetzung etwas abweichen.

Die Verdaulichkeit dieser Kartoffel-Eiweiß-Flocken und der Eiweiß-Pülpe-Flocken war im Tierversuch an Hühnern und Schweinen untersucht worden (13, 14, 15). Es wurde in diesen Versuchen eine Verdaulichkeit des Rohproteins bei Hühnern von 60,7 % und beim Schwein von 66,5 % für die Eiweiß-Pülpe-Flocken und von 73,9 % für die reinen Kartoffel-Eiweiß-Flocken festgestellt.

Im künstlichen Verdauungsversuch bestimmten W. Kröner und H. Falta (8) an Eiweißflocken, die durch Hitzekoagulation gewonnen waren, die Verdaulichkeit. Der verdaute Anteil an Gesamtstickstoff schwankte zwischen 65 % und 94 %. Dabei war die Verdaulichkeit von den angewandten Trocknungsbedingungen abhängig. Die optimale Temperatur lag bei 80°; im Vakuum konnte ohne Beeinträchtigung höher erhitzt werden. Die Verfasser wandten bei ihren Untersuchun-

gen die Methode der künstlichen Verdauung in der von G. Pfeiffer (22) angegebenen Form an.

Bei unseren Versuchen war das Eiweiß von 1 zu 40—50 %, von 2 zu 70—80 %, von 3 zu 45—55 % verdaulich. Damit decken sich die Ergebnisse bei 2 mit den im Tierversuch (13, 14) festgestellten Werten bei Eiweißflocken. Die Verdaulichkeit des Stickstoffs der Eiweiß-Pülpe-Flocken war im Tierversuch (13, 14) hinter der Verdauung von reinen Eiweißflocken zurückgeblieben. In unseren Versuchen stellte sich die Verdaulichkeit von 3 und besonders von 1 noch um etwa 10 % schlechter dar. Auch der kurzdauernde Fütterungsversuch am Hund zeigte für 1 keine günstigeren Verhältnisse.

Die hohe biologische Wertigkeit des Kartoffeleiweißes ist in Untersuchungen schon mehrfach festgestellt und hervorgehoben worden (Abderhalden, Ewald, Fodor, Röse (1), S. Lauter und M. Jenke (12), Hindhede (5), Rubner (26, 27), Scheunert (28), Schiftan (29)). Auch die Kartoffeleiweißprodukte, die technisch in der Stärkeindustrie gewonnen waren, und, wie schon erwähnt, mit unseren Präparaten Ähnlichkeit hatten, sind auf ihre biologische Wertigkeit untersucht worden (14). Es wurde für die Eiweiß-Pülpe-Flocken eine Wertigkeit von 86, für reine Eiweißflocken von 83 gefunden. Zur Aufzucht von Küken waren dieselben Präparate erst nach einer Aufwertung mit Milcheiweiß geeignet. Die Verfasser nehmen an, daß für die verschiedene Wertigkeit der beiden Produkte eine Ergänzung des Kartoffelsafteiweißes durch Eiweißstoffe aus der Pülpe oder Unterschiede der Herstellung verantwortlich sein können. Die Werte erreichen jedoch etwa die für frische Kartoffeln gefundene Größenordnung.

Die Untersuchungen zeigen, daß verschiedene Methoden geeignet sind, aus den Nebenprodukten der Stärkeindustrie hochwertige, weitgehend ausnützbare Kartoffel-Eiweißpräparate zu gewinnen, die in der Tierernährung Verwendung finden können. Die jährlich anfallende Menge von 20 000 t Eiweiß, von denen etwa 7000 t mit den heute angewandten Methoden gewinnbar find (8—11), stellen eine wertvolle Bereicherung der Futtermittel dar. Nach den Berechnungen von Kröner und anderen (8—11) ist es auch gelungen, die Herstellung der Präparate wirtschaftlich tragbar zu gestalten.

6. Zusammenfassung.

Es wurden Kartoffel-Eiweißpräparate, die bei der Stärkeindustrie aus dem Fruchtwasser durch verschiedene Methoden technisch gewonnen waren, untersucht. Die Präparate waren in ihrer Zusammensetzung nicht gleich. Nr. 1 enthielt etwa 51,4 % Eiweiß, das nach Verdauungsversuchen in vitro zu 40—50 % verdaulich war. Auch im Tierversuch war die Verdaulichkeit mäßig. Nr. 2 zeigte einen Eiweißgehalt von 56,7 %, dessen Verdaulichkeit 75—86 % betrug. Die Zusammensetzung von 3, das 20,3 % Eiweiß, 56,17 % stickstoffreie Extraktstoffe und 9,7 % Rohfaser enthielt, ließ darauf schließen, daß es sich um Pülpe-Safteiweiß handelte. Das Eiweiß dieses Präparates war zu 50—60 % verdaulich. Lösungsversuche ergaben eine geringe Löslichkeit des Eiweißes aller drei Präparate in Wasser, höhere Löslichkeit in 10%iger Kochsalz- und Harnstofflösung, in salzsaurer und alkalischer Lösung. Ein Teil des gelösten Eiweißes zeigte in Fällungsreaktionen, Aussalzbarkeit und Koagulierbarkeit Eigenschaften, die für das Globulin der Kartoffel beschrieben sind (16—21, 23, 24, 35, 37, 38). Ein Teil der stickstoffhaltigen Substanzen war dialysierbar und wies Reaktionen der Aminosäuren, beziehungsweise Peptone oder Peptide auf. Es muß angenommen werden, daß der größte Teil des Kartoffeleiweißes in den Präparaten denaturiert war, ein geringer Teil aber in leichter löslicher Form vorlag und gemäß den Reaktionen wahrscheinlich natives Globulin darstellte. Außerdem enthielten die Präparate einen Anteil Nicht-Eiweiß-Stickstoff, der entweder schon in der Kartoffel selbst vorhanden war oder durch Hydrolyse bei der Gewinnung der Präparate entstanden ist.

Ein viertes Präparat, mit dem später noch einige Untersuchungen angestellt wurden, hatte mit 61,7 % den höchsten Eiweißgehalt und zeigte die günstigsten Lösungs- und Verdaulichkeitsverhältnisse.

Es gelingt also ein wirtschaftlich bedeutungsvolles Erzeugnis von hohem ernährungsphysiologischem Wert zu gewinnen. Wenn diese Kartoffel-Eiweißprodukte auch für die menschliche Ernährung in der vorliegenden Form nur bedingt in Frage kommen, so ist doch ihre Bedeutung für die Tierfütterung recht groß. Ähnliche Präparate sind in der Tierernährung bereits mit gutem Erfolg angewandt worden. Auch auf diesem Wege tragen sie dazu bei, die hohen ernährungsphysiologischen Werte der Kartoffel ganz für die menschliche Ernährung auszunützen.

7. Tabellen.

Tabelle 1 (alle Werte bezogen auf Frischsubstanz).

	H_2O	N	Roh-prot.	Rein-eiw.	Roh-faser	N.freie Extr. St.	Stärke	Red. Sub.	Roh-fett	Säure Zahl	Kalorien gef.	Kalorien errech.
	g%	g%	g%	g%	g%	g%	g%	g%	g%			
1	10,2	8,21	51,37	49,0	2,7	28,28	25,4	0	1,61	201	4,598	4,382
2	10,5	9,07	56,68	53,2	1,0	26,08	16,0	0,73	0,988	223	4,176	4,462
3	10,6	3,25	20,34	18,2	9,7	56,17	39,8	0,05	0,36	158	4,003	3,960
4	11,3	9,86	61,67		0,9		11,6	0				

	Gesamtasche		P_2O_5		CaO		MgO		NaCl+KCl	p_H
	g%		g%		g%		g%		g%	
1	5,84	5,45	1,737	1,686	1,45	1,55	0,036	0,031	0,82	6,2
2	4,75	4,74	2,047	2,066	0,304	0,300	0,02	0,017	0,64	5,1
3	2,80	2,86	0,380	0,405	0,54	0,608	0,071	0,05	0,69	6,0
4	6,68	6,50			0,51	0,52				6,0

Tabelle 2

Nach zweistündigem Schütteln waren in aqua dest. bei Zimmertemperatur von 1 g in Lösung gegangen:

	in 20 ccm		in 50 ccm		in 100 ccm	
1	0,023	0,025	0,027	0,025	0,03	0,088
	2,3 %	2,5 %	2,7 %	2,5 %	3,0 %	2,8 %
2	0,055	0,050	0,06	0,058	0,06	0,06
	5,5 %	5,0 %	6,0 %	5,8 %	6,0 %	6,0 %
3	0,02	0,015	0,020	0,023	0,02	0,025
	2,0 %	1,5 %	2,0 %	2,3 %	2,0 %	2,5 %

Tabelle 3

In 0,05 % bzw. in 0,5 % HCl (p_H 1,5) waren nach 24 Stunden bei 37° von 2 g in Lösung gegangen:

	0,05 % HCl		0,5 % HCl	
	in 500	in 1000	in 500	in 1000
1	0,3	0,45	0,45	0,5
	15 %	22,5 %	22,5 %	25 %
2	0,7	0,65	0,7	0,8
	25 %	32,5 %	30 %	40 %
3	0,2	0,35	0,3	0,4
	10 %	17,5 %	15 %	20 %

Tabelle 4

Unter den Bedingungen des Versuchs, der in Tabelle 3 dargestellt ist, mit zusätzlich 0,5 Pepsin auf 1000 ccm wurden gelöst von:

	0,05 % HCl		0,5 % HCl	
	in 500	in 1000 ccm	in 500	in 1000 ccm
1	0,35	0,5	0,5	0,6
	17,5 %	25 %	25 %	30 %
2	1,1	1,2	1,1	1,2
	55 %	60 %	55 %	60 %
3	0,4	0,4	0,45	0,5
	20 %	20 %	22,4 %	25 %

Tabelle 5

In 0,2 % Natriumkarbonatlösung gingen in 24 Stunden bei 37° von 2 g in Lösung:

	in 500	in 1000 ccm
1	0,25	0,3
	12,5 %	15 %
2	0,72	0,68
	36 %	34 %
3	0,22	0,28
	11 %	14 %

Tabelle 6

N-Mengen, die von 3 g Substanz nach dreistündigem Schütteln in 150 ccm H_2O und in 150 ccm 10 % NaCl-Lösung löslich waren:

	N-Einwage	in H_2O	in 10 % NaCl
1	0,2463	0,0098	0,0168
		3,98 %	6,83 %
2	0,2721	0,0168	0,0238
		6,17 %	8,74 %
3	0,0975	0,007	0,0156
		7,18 %	15,9 %
4	0,2976	0,042	0,126
		14,1 %	42,3 %

Tabelle 7

Es ging in Lösung von je 3 g Substanz in

	10 % Harnstoff		20 % Harnstoff	
	Gesamtsubst.	N	Gesamtsubst.	N
Nr. 1:	0,28 g	0,015 g	0,31 g	0,022 g
	9,5 %	5,97 %	10,28 %	8,73 %
Nr. 2:	0,335 g	0,0362 g	0,538 g	0,0476 g
	11,16 %	13,19 %	17,94 %	17,35 %
Nr. 3:	0,154 g	0,0054 g	0,13 g	0,0062 g
	5,15 %	5,25 %	4,34 %	6,03 %

Tabelle 8

Von 5 g nach 24 Stunden im Brutschrank bei 37° gelöst:

	in 500 ccm 0,2 % Na_2CO_3			in 500 0,5 % HCl		
	Ges.-Subst.	N-Einwage	gelöster N	Ges.-Subst.	N-Einwage	gelöster N
1	0,99	0,41	0,11	0,9	0,41	0,1
	20 %		28 %	18 %		25 %
2	1,77	0,453	0,261	2,0	0,453	0,217
	35,5 %		57,5 %	40 %		48 %
3	0,635	0,196	0,087	0,75	0,196	0,078
	12,7 %		44 %	15 %		40 %

Tabelle 9

Trockensubstanz und N-Bestimmung in Organen von je 10 Ratten aus dem Fütterungsversuch:

		Gewicht in g			
		frisch	trocken	H_2O %	N %
1	Leber	42,72	11,89	72,4	11,9
	Niere	10,92	2,299	78,8	12,6
	Muskel	19,58	4,87	75,2	13,16
2	Leber	37,76	10,17	73,1	12,6
	Niere	8,296	1,699	79,5	12,6
	Muskel	16,173	4,06	75,0	14,0
3 (6 Tiere)					
	Leber	28,65	7,85	73,0	12,32
	Niere	6,865	1,51	78,1	12,76
	Muskel	10,397	2,545	75,5	13,6

*KE

	frisch	trocken	H_2O %	N %
Leber	45,44	12,34	73,0	12,32
Niere	11,75	2,44	79,5	12,6
Muskel	17,14	4,10	76,0	13,7
Kontrollen				
Leber	49,19	13,99	72,0	11,5
Niere	11,85	2,59	78,2	12,56
Muskel	19,63	4,95	74,75	13,02

* Selbst hergestelltes Kartoffeleiweiß.

Tabelle 10

Verdauungsversuch mit 1 an Hund: Molli. Gewicht: 14,4 kg (am Versuchsende unverändert).

Datum	Grund-futter g	1 g	Futter-rest	N-Ein-fuhr g	Stuhl g	N g	Verdaut in g	Verdaut in %
16./17. 5.	3000	0	0	22,4	340	2,72	19,68	89
17./18. 5.	3000	0	100	21,6	336	2,41	19,19	88,8
18./19. 5.	3000	50	200	24,7	436	6,75	17,95	72,6
19./20. 5.	3000	50	300	23,9	530	7,31	16,59	69,3
20./21. 5.	3000	0	0	22,4	451	3,79	18,61	83
21./22. 5.	3000	0	0	22,4	360	2,63	19,77	88,3

Tabelle 11

Verdauungsversuche (Einwage: 5 g)

	Gesamt-Rückst.	Verdaut g	%	N-Einwage	N im Rückstand g	Verdautes Eiweiß %
			I. Pepsin:			
1	3,75	1,25	25	0,41	0,238	42
	3,55	1,45	29	0,41	0,234	43
2	2,25	2,75	55	0,453	0,09	80
	2,35	2,65	53	0,453	0,10	76
3	3,9	1,1	22	0,195	0,097	50
	4,25	0,75	15	0,195	0,105	46
4	1,02	3,98	79,6	0,493	0,064	87
			II. Trypsin:			
1	4,1	0,9	18	0,41	0,25	39
2	2,5	2,5	50	0,453	0,117	74
3	3,9	1,1	22	0,195	0,117	40
4	1,5	3,5	70	0,493	0,103	79
			III. Pepsin + Trypsin:			
1	3,75	1,25	25	0,41	0,246	40
2	2,25	2,75	55	0,453	0,085	81
3	3,85	1,15	23	0,195	0,092	53
4	1,65	33,35	67	0,493	0,122	75
			IV. Diastase + Pepsin + Trypsin:			
1	3,0	2,0	40	0,41	0,204	50
2	2,25	2,75	55	0,453	0,063	86
3	4,05	0,95	19	0,195	0,105	46
4	1,00	4,00	80	0,493	0,049	90
	1,02	3,98	79,5	0,493	0,064	87
			V. Diastase + Pepsin + Trypsin nach einhalbstündigem Kochen:			
1	2,27	2,73	54,6	0,41	0,185	55
	2,35	2,65	53		0,204	38
2	1,00	4,00	80	0,453	0,063	86
	1,20	3,80	76	0,453	0,068	85
3	2,42	2,58	51,5	0,195	0,105	46
	2,00	3,00	60		0,099	49,3
4	0,95	4,05	81	0,493	0,045	91

VI. Speicheldiastase + Pepsin + Trypsin (Einwage 2 g):
Es wurde verdaut von 1 40 %, von 2 50 %, von 3 37 %.

Tabelle 12

von 5 g sind verdaut:	Ges. Subst. g	Eiweiß g	Eiwfr. Anteil g	in % der E.-freien Trock. S.	in % der N-freien Extrakt-st.	Stärke in % der E.-freien Trock. S.
Bei 1:						
Pepsin	1,25	1,075	0,175	9,2	12,4	
	1,45	1,10	0,350	18,2	24,8	
Trypsin	0,9	1,0				
Pepsin + Trypsin	1,25	1,025	0,225	11,7	15,9	66
Diastase + Pepsin + Trypsin	2,0	1,29	0,71	36,9	50,3	
dto. nach einhalbstündig. Kochen	2,73	1,405	1,325	69	81,4	
	2,65	1,288	1,362	71	83,8	
Bei 2:						
Pepsin	2,75	2,27	0,48	27,6	33,0	
	2,65	2,15	0,50	28,7	34,5	
Trypsin	2,50	2,10	0,40	23	27,6	
Pepsin + Trypsin	2,75	2,30	0,45	25,9	31,0	48,8
Diastase + Pepsin + Trypsin	2,75	2,44	0,31	17,8	21,4	
dto. nach einhalbstündig. Kochen	4,00	2,44	1,56	89,7		
	3,80	2,40	1,40	80,5		
Bei 3:						
Pepsin	1,1	0,612	0,495	14,4	16,0	
Trypsin	1,1	0,488	0,612	17,7	19,6	
Pepsin + Trypsin	1,15	0,644	0,506	14,7	16,5	57,6
Diastase + Pepsin + Trypsin	0,95	0,560	0,39	11,3	12,5	
dto. nach einhalbstündig. Kochen	2,58	0,562	2,018	58,5	64,6	
	3,00	0,600	2,40	69,6	71,9	
Bei 4:						
Pepsin	3,93	2,68	1,25	92,5		
Trypsin	3,50	2,43	1,07	79,3		
Pepsin + Trypsin	3,35	2,32	1,03	76,4		
Diastase + Pepsin + Trypsin	4,00	2,78	1,22	90,5		
dto. nach einhalbstündig. Kochen	4,05	2,80	1,25	92,5		
	3,98	2,68	1,30	96,4		

Tabelle 13

Fütterungsversuch an Ratten. Beginn: 3. 10. 1938, Ende 7. 11. 1938.

Präparat 1 Tier Nr.	Beginn Gew. g	Beginn Länge cm	Ende Gew. g	Ende Länge cm	Gew.-Zunahme in g	Längenwachstum in cm
1	180	33,3	196	35,0	+ 16	1,7
2	145	29,3	172	32,5	+ 27	3,2
3	130	28,3	155	31,5	+ 25	3,2
4	100	27,5	112	28,5	+ 12	1,0
5	126	30,2	146	31,0	+ 20	0,8
6	135	30,5	150	32,0	+ 15	1,5
Durchschnitt	136,0	29,85	155,1	31,75	+ 19,1	+ 1,9
Prozentsatz der Anfangsgewichte und Längen			114 %	106 %	14 %	6,4 %
Präparat 2						
1	130	30,4	164	33,0	+ 34	2,6
2	120	26,3	127	27,5	+ 7	1,2
3	115	26,7	133	31,0	+ 18	4,3
4	100	26,5	138	30,0	+ 38	3,5
5	160	33,1	161	34,5	+ 1	1,4
6	120	28,4	126	29,0	+ 6	0,6
7	170	31,3	176	33,0	+ 6	1,7
8	175	33,0	177	33,5	+ 2	0,5
9	200	34,7	204	35,0	+ 4	0,3
10	160	34,3	178	34,5	+ 18	0,2
Durchschnitt	145,0	30,47	158,4	32,1	+ 13,4	+ 1,63
Prozentsatz der Anfangsgewichte und Längen			109 %	105,5 %	9,25 %	5,3 %
Präparat 3						
1	115	28,5	118	29,5	+ 3	1,0
2	190	33,2	203	34,5	+ 13	1,3
3	110	29,1	117	29,1	+ 7	0,0
4	190	34,7	193	36,5	+ 3	1,8
5	192	34,1	192	34,1	0	0
6	110	28,5	137	29,5	+ 27	1,0
7	100	30,3	144	32,0	+ 44	1,7
8	120	32,2	143	32,5	+ 23	0,3
9	165	35,7	193	35,5	+ 28	0
10	100	29,6	115	30,5	+ 15	0,9
Durchschnitt	139,2	31,6	155,5	32,37	+ 16,3	+ 0,8
Prozentsatz der Anfangsgewichte und Längen			111 %	102 %	11,7 %	2,5 %
K E (selbsthergestelltes Kartoffeleiweiß)						
1	165	34,0	180	34,5	+ 15	0,5
2	160	35,5	164	35,0	+ 4	0
3	190	35,9	188	36,0	— 2	0
4	120	30,0	159	32,0	+ 39	2,0
5	145	32,3	171	34,5	+ 26	2,2
6	95	28,5	112	28,5	+ 17	0

Präparat 1 Tier Nr.	Beginn Gew. g	Länge cm	Ende Gew. g	Länge cm	Gew.-Zunahme in g	Längenwachstum in cm
7	115	30,0	123	31,5	+ 8	1,5
8	130	30,4	130	32,0	0	1,6
9	120	30,8	163	33,0	+ 43	2,2
10	140	33,0	174	36,0	+ 34	3,0
Durchschnitt	138,0	32,04	156,4	33,3	+ 18,4	+ 1,3
Prozentsatz der Anfangsgewichte und Längen			113 %	104 %	13,3 %	4,0 %
Kontrolltiere						
1	150	35,2	gest. an Pseudotbc.			
2	200	37,9	225	38,0	+ 25	0
3	155	33,6	187	35,5	+ 32	1,9
4	100	28,4	146	32	+ 46	1,6
5	95	31,6	gest. an Pneumonie			
6	145	32,6	141	32,6	— 4	0
7	130	29,0	135	31	+ 5	2,0
8	160	34,4	170	34	+ 10	0
9	145	34,3	138	34	— 7	0
10	150	34,0	158	34	+ 8	0
Durchschnitt	148,1	33,1	162,5	33,9	+ 14,4	+ 0,68
Prozentsatz der Anfangsgewichte und Längen			110 %	102 %	9,7 %	2,0 %
Kontrolltiere						
1	150	33,0	181	33,0	+ 31	0
2	220	38,0	271	39,0	— 51	1,0
3	200	36,0	195	36,0	— 5	0
4	160	37,5	gest. an Pseudotbc.			
5	165	34,0	203	35,0	+ 38	1,0
6	165	34,0	176	34,0	+ 11	0
7	100	30,0	149	33,0	+ 49	3,0
8	120	30,5	156	33,0	+ 36	2,5
9	120	30,0	160	31,5	+ 40	1,5
10	170	34,5	183	34,0	+ 13	0
11	190	36,5	220	37,0	+ 30	0,5
12	220	38,0	211	38,0	— 9	0
13	190	35,5	227	36,5	+ 37	1,0
14	160	33,0	170	34,0	+ 10	1,0
15	140	31,0	153	32,0	+ 13	1,0
16	170	37,0	175	37,0	+ 5	0
17	100	29,5	157	31,0	+ 57	1,5
18	130	30,5	148	31,5	+ 18	1,0
19	140	32,0	168	34,0	+ 28	2,0
20	105	28,0	116	30,0	+ 11	2,0
Durchschnitt	155,5	33,2	180,0	34,2	+ 24,5	+ 1,0
Prozentsatz der Anfangsgewichte und Längen			116 %	103 %	15,7 %	3,0 %

Tabelle 14

Reaktion	Lackmus	1 (sauer)	2 (sauer)	3 (sauer)	4 (sauer)
	Kongo	—	—	—	—
Salpetersäure (Diphenylamin)		—	—	—	—
Schwefelsäure		—	—	—	—
Phosphorsäure		+	+	+	(+)
Salzsäure		—	+	—	—
Milchsäure (Hopkins - Fletscher, Uffelmann)		—	—	—	—
Essigsäure (Aethylester, Ferriacetat)		—	—	—	—
Eisenreaktion (Rhodankalium, Berliner Blau)		—	++	—	+
Stärke (Jod)		++	++	++	++
Molisch		++	++	++	++
Trommer		—	+	(+)	—
Fehling		—	+	(+)	—
Nylander		—	(+)	(+)	—
Gärprobe		—	—	—	—
Pentosen (Orzin, Resorzin, Phloroglucin, Anilinacetat)		+	+	+	
Eiweißreaktionen:					
Kochprobe		+	+	+	+
Ammonsulfat (½ Sättigung)		+	+	+	+
Salpetersäure (Heller)		+	+	+	+
Kupfersulfat		+	+	+	+
Eisenchlorid		+	+	+	+
Sublimat		+	+	+	+
Bleiacetat		+	+	+	+
Silbernitrat		+	+	+	+
Ferrocyankali + Essigsäure		+	+	+	+
Phosphorwolframsäure		+	+	+	+
Gerbsäure		+	+	+	+
Pikrinsäure		+	+	+	+
Eßbach		+	+	+	+
Biuret		+	+	+	++
Ninhydrin		+	+	+	++
Xanthoprotein		+	+	+	+
Millon		+	+	+	++
Diazo (Pauly)		+	+	(+)	+
Adamkiewicz-Hopkins		(+)	+	(+)	+
Schwefelblei		(+)	(+)	+	+
Arnold		—	—	—	—
Weidel		—	—	—	—
Neßler		+	+	+	+
Fermentreaktionen:					
Oxydasen (Guajactinktur, Benzidin)		—	—	—	—
Katalase		—	—	—	—
Thyrosinase		—	—	—	—

Tabelle 15

	Trocken-substanz	Roh-Prot.	Roh-Fett	Roh-faser	N-freie Extr.-St.	Asche
	g%	g%	g%	g%	g%	g%
Reine Kartoffel-Eiweißflocken (14)	93,31	70,15	1,05	0,50	17,32	4,37
Kartoffeleiweiß-Pülpeflocken (14)	87,76	23,62	0,33	8,93	52,06	2,82
Kartoffelsaft-Pülpeflocken (13)	100	23,80	0,54	5,86	56,14	13,66
1	89,8	51,37	1,61	2,7	28,28	5,84
2	89,5	56,68	0,98	1,0	26,08	4,75
3	89,4	20,34	0,36	9,7	56,17	2,80
4	88,7	61,67	—	0,9	—	6,68

8. Schrifttum.

1. Abderhalden, E., Ewald, Fodor und Röse: Versuche über den Bedarf an Eiweiß unter verschiedenen Bedingungen. Arch. f. d. ges. Physiol. **160**, 511. 1915.
2. Brunswik, H.: Über den eindeutigen makro- und mikrochemischen Nachweis des Histidins am Eiweißkomplex. Z. f. physiol. Chemie. **127**, 268. 1923.
3. Edin, H.: Meddelese fra Centralanstalten for Forsogsvesenet paa Jordbrugs omraadet. Stockholm, 1918, 165; 1926, 309.
4. Fürth, O., und F. Lieben: Colorimetrische Untersuchungen über das Tryptophan. Biochem. Z. **122**, 58, 1921.
5. Hindhede, M.: Studien über Eiweißminimum. Skand. Arch. f. Physiol. **30**, 97. 1913.
6. Hock, A.: Über Stärke und N-freie Extraktstoffe in Futtermitteln und ihre Verdaulichkeit bei Geflügel und Schweinen. Tierernährung. **10**, 249. 1938.
7. Hock, A.: Über die Verdauung verschiedener Stärkearten. Tierernährung. **10**, 3. 1938.
8. Kröner, W., und H. Falta: Ein Beitrag zu der technischen Gewinnung von Kartoffeleiweiß. Z. f. Spiritusind. **59**, 409. 1936.
9. Kröner, W.: Die industrielle Verwertung des Kartoffelsaftes. Ernährung. **2**, 75. 1937.
10. Kröner, W.: Die Bedeutung der Stärkeindustrie für die Lebensmittelversorgung. Vorratspflege und Nahrungsmittelforschung. **1**. 327. 1938.
11. Kröner, W., R. Schrepfer und G. Bögel: Gewinnung von Kartoffeleiweiß durch Wärmeflockung. Vorratspflege und Nahrungsmittelforschung. **2**, 211. 1939.
12. Lauter, S., und M. Jenke: Über die biologische Wertigkeit von Fleisch, Kartoffeln und Weizenmehl. Dtsch. Arch. f. klin. Med. **146**, 173. 1925.

13. Mangold, E.: Verdaulichkeit und biologische Wertigkeit von Kartoffeleiweiß beim Schwein und Geflügel. Forsch.-Dienst **5**, 57. 1938.
14. Mangold, E., und Columbus: Verdaulichkeit und biologische Wertigkeit von Kartoffeleiweiß beim Schwein. Landw. Versuchsstat. **129**, 12. 1937.
15. Mangold, E., A. Hock und H. Damköhler: Versuche über die Verdaulichkeit neuer Kartoffeleiweißprodukte bei Hühnern und über ihre Eignung als Eiweißfutter zur Kükenaufzucht. Arch. f. Geflügelkde. **11**, 382. 1937.
16. Osborne, Th. B.: Proteine der Pflanzenwelt. Abderhaldens Biochem. Handlex. IV, 32. 1911.
17. Osborne, Th. B., und E. Strauß: Abderhaldens Handbuch der biol. Arbeitsmethoden, Abtlg. I, Teil 8. 453. 1922.
18. Osborne, Th. B., and Harris: Nitrogen In Protein Bodies. Journ. Amer. Chem. Soz. **25**, 323. 1903.
19. Osborne, Th. B.: The Proteide of the potato. Journ. Amer. Chem. Soz. **18**, 575. 1897.
20. Osborne, Th. B.: The vegetable Proteins. London 1924.
21. Osborne, Th. B.: Die Pflanzenproteine. Erg. d. Physiol. **10**, 47. 1910.
22. Pfeiffer, G.: Methodik der Verdaulichkeitsprüfung. Biochem. Z. **285**, 195. 1936.
23. Ritthausen, H.: Über die Eiweißkörper verschiedener Ölsamen. Arch. f. d. ges. Physiol. **21**, 99. 1880.
24. Rüling: Liebigs Analen der Chemie. **58**, 306.
25. Rose and Cooper: The biological efficiency of potato nitrogen. J. of biol. Chem. **30**, 201. 1917.
26. Rubner, M.: Die Größe des N-Verbrauches bei einigen vegetabilischen Nahrungsmitteln. Arch. f. Anatom. und Physiol. Physiol. Abtlg. 81—119. 1919.
27. Rubner, M.: Betrachtungen über Kartoffeln und Kohlrüben. Zeit- und Streitfragen Nr. 5. Berlin 1917.
28. Scheunert, A.: Die Bedeutung der pflanzlichen Eiweißstoffe für die tierische und menschliche Ernährung. Forsch.-Dienst. Sonderh. 8, 15. 1937.
29. Schiftan, H.: Über die biologische Wertigkeit des Futtereiweißes bei verschiedenen Schweinen. Arch. f. Tierern. u. Tierzucht. 8. 212. 1933.
30. Sjollema und Rinkes: Die Hydrolyse des Kartoffeleiweißes. Z. f. physiol. Chem. **76**, 369. 1912.
31. Steck, H.: Über den Ort der Eiweißsynthese und die Erzielung des minimalen N-Gleichgewichtes mit Eiweißkörpern verschiedener Zersetzlichkeit. Biochem. Z. **49**, 195. 1913.
32. Steudel, H.: Neue Untersuchungen über die Verdaulichkeit unserer Nahrungsmittel. Z. f. d. ges. exp. Med. **95**, 580. 1935.
32a. Steudel, H.: Über die Verdaulichkeit von Brot und Hülsenfrüchten. Z. f. d. ges. exp. Med. **102**, 192. 1937.
33. Steudel, H., und O. Flößner: Über das Schicksal der Kohlehydrate im Darm. Z. f. d. ges. u. exp. Med. 98, 451. 1936.
34. Tscherniak, A.: Tierernährung 8, 408. 1936.
hydrate im Darm. Z. f. d. ges. exp. Med. **98**, 451. 1936.
J. of Physiol. **3**, 93. 1880.
35. Vines: On the Proteid Substances contained in the Seeds of plants.
36. Weichsel, G.: Der diastatische Abbau nativer Kartoffelstärke. Planta **26**, 28. 1936.

37. Weyl, Th.: Beiträge zur Kenntnis tierischer und pflanzlicher Eiweißkörper. Z. f. physiol. Chem. **1**, 72. 1877.
38. Zöller, Ph.: Globulinsubstanzen in Kartoffelknollen. Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. **13**, 1064. 1880.
39. O'Sullivan: Nach R. Berg in Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. IV, 9; 751.
40. Hock, A.: Biochem. Z. **294**, 336. 1937.
41. Schuhmann, W.: Die Stärke der Muskulatur der weißen Ratte bei Gemischt-, Fleisch- und Pflanzennahrung, nach dem Gewicht bestimmt. Dissertation Greifswald 1937.

Herrn Prof. Dr. med. O. Flößer bin ich für die Themenstellung und dauernde Förderung zu Dank verpflichtet.

Lebenslauf.

Am 31. März 1909 wurde ich als Sohn des Postmeisters Karl Barth und seiner Ehefrau Mathilde, geborene Fauler, in Gammertingen (Hohenzollern) geboren. In meinem Geburtsort besuchte ich sechs Jahre lang die Grundschule, von Ostern 1921 bis 1929 das humanistische Gymnasium in Sigmaringen, wo ich im März 1929 die Abschlußprüfung ablegte. Anschließend studierte ich bis zur Vorprüfung in München Medizin. Während des klinischen Studiums besuchte ich die Universitäten Freiburg i. Br., Wien und München. Das medizinische Staatsexamen legte ich 1934 in München ab. Darauf arbeitete ich an der I. Medizinischen Universitätsklinik in München bis zu meiner Bestallung als Arzt am 15. Januar 1936 als Medizinalpraktikant, anschließend bis Juli 1936 als Volontärassistent. Ich übernahm dann eine Sonderaufgabe in Berlin, die im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Zusammenarbeit mit der I. Medizinischen Klinik München und dem Reichsgesundheitsamt durchgeführt wurde. Seit Mai 1937 bin ich am Reichsgesundheitsamt in der Abteilung für Ernährungsphysiologie als wissenschaftlicher Angestellter tätig.